

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

27.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2004年 1月27日

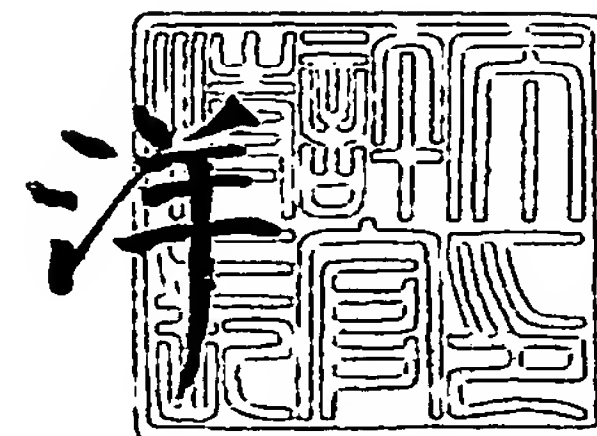
出願番号  
Application Number: 特願2004-019074  
[ST. 10/C]: [JP2004-019074]

出願人  
Applicant(s): 独立行政法人産業技術総合研究所

2005年 2月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 113MS0575  
【提出日】 平成16年 1月27日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01M 10/40  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 独立行政法人産業技術総合  
    研究所関西センター内  
    【氏名】 松本 一  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 独立行政法人産業技術総合  
    研究所関西センター内  
    【氏名】 周 志彬  
【特許出願人】  
    【識別番号】 301021533  
    【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所  
    【代表者】 理事長 吉川 弘之  
    【連絡先】 0 7 2 - 7 5 1 - 9 6 8 1  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003-431700  
    【出願日】 平成15年12月26日  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

$\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$  からなるイオン性液体製造用のアニオン。

**【請求項 2】**

$\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$  からなるアニオンと少なくとも 1 種の有機オニウムイオンからなるイオン性液体。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載のイオン性液体を含む電気二重層キャパシタ。

**【請求項 4】**

$\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$  をアニオン成分として含む化合物と少なくとも 1 種の有機オニウム化合物を含む化合物を混合することを特徴とするイオン性液体の製造法。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】イオン性液体

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、イオン性液体に関し、詳しくは低粘度及び低融点かつ高い導電性を有するイオン性液体に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

イオン性液体は、リチウム二次電池、太陽電池、アクチュエータ及び電気二重層キャパシタなどの各種電気化学デバイス用の電解質、反応媒体、有機合成の触媒としての応用可能性のためにここ数年特別な注目を集めてきた。従来の有機液体電解質と比較して、イオン性液体の電解質としての主な利点は、不燃性、不揮発性及び高い熱安定性である。現在までに報告されているほとんどのイオン性液体において、

イオン性液体のアニオンとしては、ビストリフルオロメチルスルホニルイミド( $[(CF_3SO_2)_2N]^-$ )とテトラフルオロボレート( $BF_4^-$ )がその高い電気化学的安定性及び熱安定性のために注目されている(特許文献1, 2)。

## 【0003】

しかしながら、これらのアニオンを含むイオン性液体は、特に低温での低い導電性などの問題があった。

【特許文献1】特開2002-099001

【特許文献2】特開2003-331918

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

本発明は、アニオン成分を改良することで、低粘度及び低融点かつ高い導電性を有するイオン性液体を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明者は、上記課題に鑑み検討を重ねた結果、 $BF_3(CF_3)^-$ からなるアニオンあるいは該アニオンを含む固体の塩類を用いてイオン性液体を製造することで、低粘度、低融点かつ低温での高い導電性を有するイオン性液体が得られることを見出した。

## 【0006】

即ち、本発明は、以下のイオン性液体及びそのアニオン、その製造法並びにこれを用いたキャパシタを提供するものである。

1.  $BF_3(CF_3)^-$ からなるイオン性液体製造用のアニオン。
2.  $BF_3(CF_3)^-$ からなるアニオンと少なくとも1種の有機オニウムイオンからなるイオン性液体。
3. 上記2.に記載のイオン性液体を含む電気二重層キャパシタ。
4.  $BF_3(CF_3)^-$ をアニオン成分として含む化合物と少なくとも1種の有機オニウム化合物を混合することを特徴とするイオン性液体の製造法。

## 【発明の効果】

## 【0007】

本発明のイオン性液体は、リチウム二次電池、燃料電池、太陽電池、電気二重層キャパシタ等の電気化学デバイス、化学反応の溶剤、潤滑油として適している。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0008】

本発明で使用するイオン性液体の融点は、通常150℃以下、好ましくは80℃以下、より好ましくは60℃以下、さらに好ましくは40℃以下、特に25℃以下である。例えば燃料電池に使用する場合には100℃以下のイオン性液体を広く使用することができる。一方、太陽電池、リチウム電池、キャパシタなどのエネルギーデバイス、エレクトロ

クロミックデバイス、電気化学センサーなどの電気化学デバイスではイオン性液体の融点は室温（25℃）以下が好ましく、特に0℃以下であるのがさらに好ましい。

【0009】

本発明は、イオン性液体のアニオン成分として $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$ を使用する。該アニオンは公知化合物であり、例えばG. A. Molander, B. J. Hoag, Organometallics, 2003, 22, 3313に記載されている。

【0010】

イオン性液体を製造する場合、 $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$ とアルカリ金属イオン（ $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ など）、アルカリ土類金属イオン（ $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ など）、 $\text{H}^+$ ,  $\text{Bu}_3\text{Sn}^+$ などのカチオン成分との塩を有機オニウム化合物と混合し、 $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$ と有機オニウムイオンからなるイオン性液体を分離することにより製造できる。例えば、イオン交換樹脂を通すことにより得られる $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-\text{H}^+$ の塩と、(有機オニウム) $^+(\text{OH})^-$ の塩を混合し、水を除くことにより、 $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$ と有機オニウムイオンからなるイオン性液体を好ましく得ることができる。イオン性液体を得るための塩交換反応は、所望の熔融塩が抽出可能である場合には、溶媒抽出法により行うことができる。

【0011】

有機オニウムイオンとしては、アンモニウム、グアニジニウム、フォスフォニウム、オキソニウム、スルホニウムが例示され、好ましくはアンモニウム、グアニジニウム、フォスフォニウム、スルホニウム、より好ましくはアンモニウム、グアニジニウム、フォスフォニウム、特に好ましくはアンモニウムが挙げられる。

【0012】

有機オニウムイオンは、1種のみを使用してもよいが、2種以上の有機オニウムイオンを組み合わせることで、さらにイオン性液体の融点を低下させ、さらに粘度を下げることも可能である。

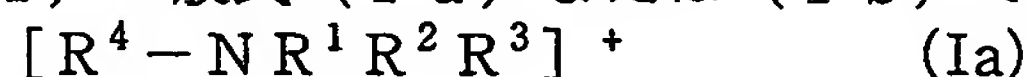
【0013】

また、イオン性液体のアニオンとしては、 $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$ を使用するが、 $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$ が主成分である限り、他のアニオンを配合することもできる。

【0014】

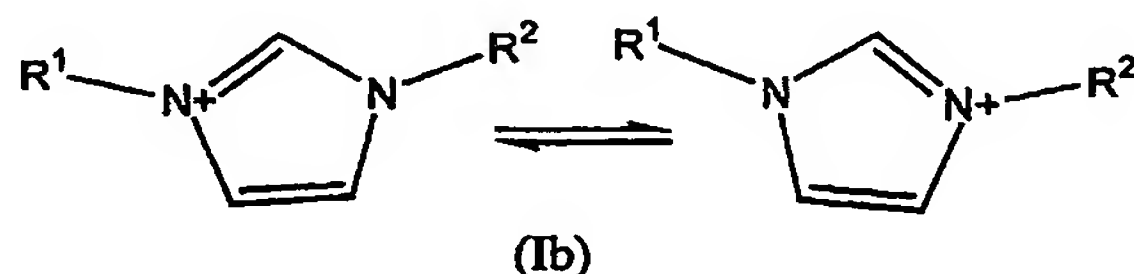
各有機オニウム化合物を以下に例示する：

(1) 一般式 (I a) または (I b) で表されるアンモニウム



【0015】

【化1】



【0016】

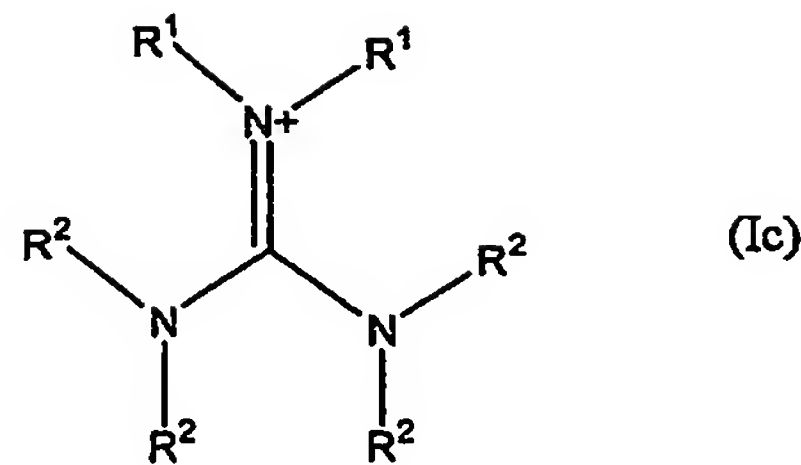
〔式 (Ia), (Ib) 中、 $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$ ,  $\text{R}^3$  は、同一又は異なって、水素原子、アルキル基、ハロアルキル基、アルコキシ基、アルキルチオ基、ポリエーテル基、置換されていてもよいアリール基、置換されていてもよいアラールキル基、アルコキシアルキル基または複素環基を示し、式 (Ia) において $\text{R}^1$ 及び $\text{R}^2$ は窒素原子と一緒になって5～8員環の置換されていてもよい含窒素複素環基を形成してもよい。〕

【0017】

$\text{R}^4$ はアルキル基、ハロアルキル基、アルコキシ基、ポリエーテル基、置換されていてもよいアリール基、置換されていてもよいアラールキル基またはアルコキシアルキル基；酸化還元性を有する機能性有機官能基；または揮発性有機溶媒に由来する基を示す。〕

(2) 一般式 (Ic) で表されるグアニジニウム

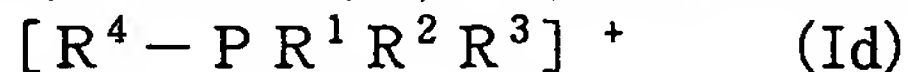
【0018】  
【化2】



【0019】

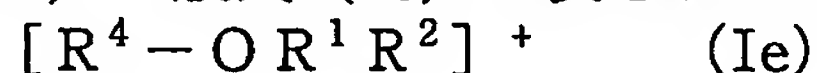
(式中、 $R^1$ ,  $R^2$ は、式 (Ia) における定義と同じである。)

(3) 一般式 (Id) で表されるフォスフォニウム



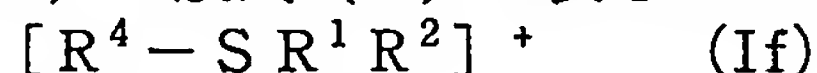
[式中、 $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ は、式 (Ia) における定義と同じである。但し、 $R^1$ 及び $R^2$ はリン原子と一緒に becoming 5～8員環の置換されていてもよい含リン複素環基を形成してもよい。]

(4) 一般式 (Ie) で表されるオキシニウム



[式中、 $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^4$ は、式 (Ia) における定義と同じである。但し、 $R^1$ 及び $R^2$ は酸素原子と一緒に becoming 5～8員環の置換されていてもよい含酸素複素環基を形成してもよい。]

(5) 一般式 (If) で表されるスルホニウム



[式中、 $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^4$ は、式 (Ia) における定義と同じである。但し、 $R^1$ 及び $R^2$ は硫黄原子と一緒に becoming 5～8員環の置換されていてもよい含硫黄複素環基を形成してもよい。]

なお、有機オニウム化合物としては、有機オニウムカチオンと、ハロゲンイオン、硝酸イオン、硫酸イオン、リン酸イオン、過塩素酸イオン、メタンスルホン酸イオン、トルエンスルホン酸イオンなどが例示される。

【0020】

イオン性液体を製造する場合、 $BF_3(CF_3)^-$  (例えば銀塩、カルシウム塩、バリウム塩) と有機オニウムイオン (例えばハロゲン化物塩、硫酸塩) の各カウンターイオンによりハロゲン化銀、硫酸バリウム、硫酸カルシウムなどの難溶性塩を形成させて除去するようにしてもよい。

【0021】

アルキル基としては、メチル、エチル、*n*-プロピル、イソプロピル、*n*-ブチル、*sec*-ブチル、イソブチル、*t*-ブチル、ペンチル、ヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデシル、ドデシル、トリデシル、テトラデシル、ヘキサデシル、オクタデシル、エイコシルなどの炭素数1～20、好ましくは1～10、より好ましくは1～6、特に1～3の直鎖又は分枝を有するアルキル基が挙げられる。

【0022】

ハロアルキル基としては、上記アルキル基の水素原子の少なくとも1つがハロゲン原子 (塩素、臭素、フッ素、ヨウ素)、特にフッ素原子で置換された炭素数1～20、好ましくは1～10、より好ましくは1～6、特に1～3のハロアルキル基が挙げられる。

【0023】

アルコキシ基としては (O-上記アルキル) 構造を有する炭素数1～20、好ましくは1～10、より好ましくは1～6、特に1～3の直鎖又は分枝を有するアルコキシ基が挙げられる。



## 【0024】

アルキルチオ基としては、(S-上記アルキル)構造を有する炭素数1~20、好ましくは1~10、より好ましくは1~6、特に1~3の直鎖又は分枝を有するアルコキシ基が挙げられる。

## 【0025】

アリール基としては、フェニル基、トルイル基、キシリル基、エチルフェニル基、1,3,5-トリメチルフェニル基、ナフチル基、アントラニル基、フェナンスリル基などの炭素数6~14、好ましくは炭素数6~10のアリール基が挙げられる。

## 【0026】

アラルキル基としては、ベンジル、フェネチル、ナフチルメチルなどの炭素数7~15のアラルキル基が挙げられる。

## 【0027】

アルコキシアルキル基のアルコキシ基及びアルキル基は前記と同様であり、直鎖又は分枝を有する炭素数1~20、好ましくは1~10、より好ましくは1~6、特に1~3の直鎖又は分枝を有するアルコキシ基で置換された直鎖又は分枝を有する炭素数1~20、好ましくは1~10、より好ましくは1~6、特に1~3のアルキル基が挙げられ、特にメトキシメチル基(CH<sub>2</sub>OCH<sub>3</sub>)、メトキシエチル基(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>3</sub>)、エトキシメチル基(CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)、エトキシエチル基(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)が例示される。

## 【0028】

ポリエーテル基としては、-(CH<sub>2</sub>)<sub>n1</sub>-O-(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)<sub>n2</sub>-(C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>アルキル)、または、-(CH<sub>2</sub>)<sub>n1</sub>-O-(CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)O)<sub>n2</sub>-(C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>アルキル)で表される基が挙げられ、n<sub>1</sub>は1~4の整数、n<sub>2</sub>は1~4の整数、C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>アルキルとしては、メチル、エチル、n-プロピル、イソプロピル、n-ブチル、イソブチル、sec-ブチル、tert-ブチルが例示される。

## 【0029】

また、R<sup>1</sup>とR<sup>2</sup>は、これらが結合している窒素原子と一緒にあって、5~8員環、好ましくは5員環または6員環の含窒素複素環基(ピロリジニウム、ピペリジニウム、ピロリニウム、ピリジニウム等)を形成してもよい。

## 【0030】

アリール基、アラルキル基の置換基としては、ハロゲン原子(F、Cl、Br、I)、水酸基、メトキシ基、ニトロ基、アセチル基、アセチルアミノ基などが挙げられる。

## 【0031】

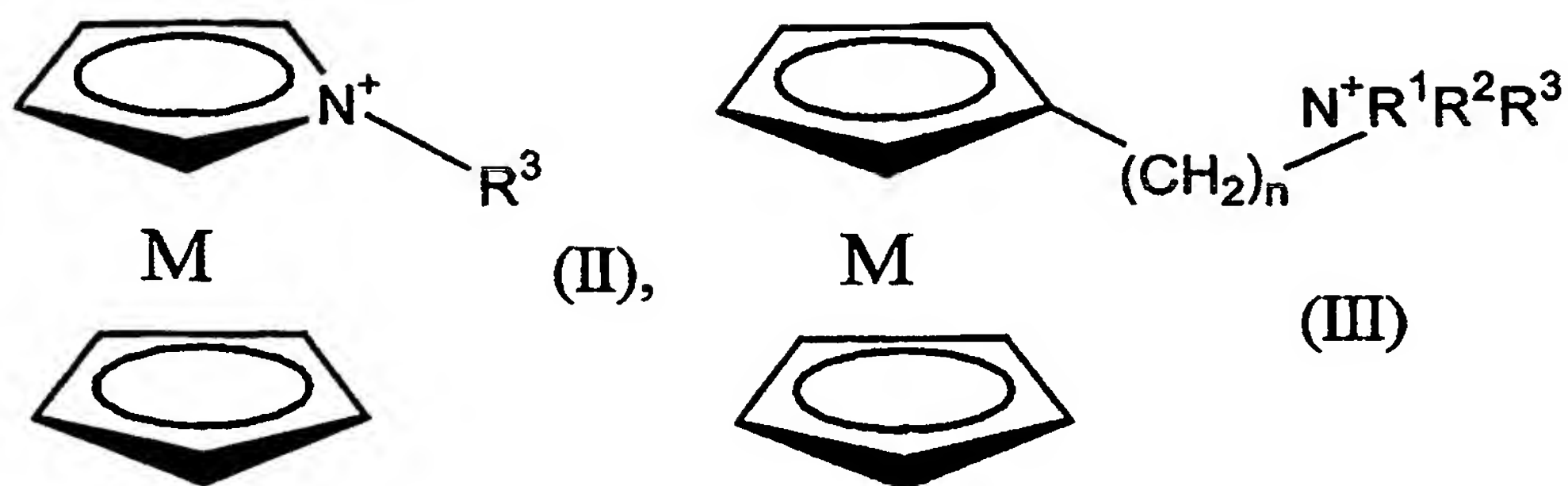
前記アルキル基、アルケニル基の任意の位置のC-C単結合の間に-O-、-COO-、-CO-、を1個または複数個介在させて、エーテル、エステルまたはケトン構造としてもよい。

## 【0032】

R<sup>4</sup>が酸化還元性を有する機能性有機官能基である式(I)のイオン性液体としては、具体的には以下の式(II)~(VIII)の化合物が例示される。

## 【0033】

【化3】



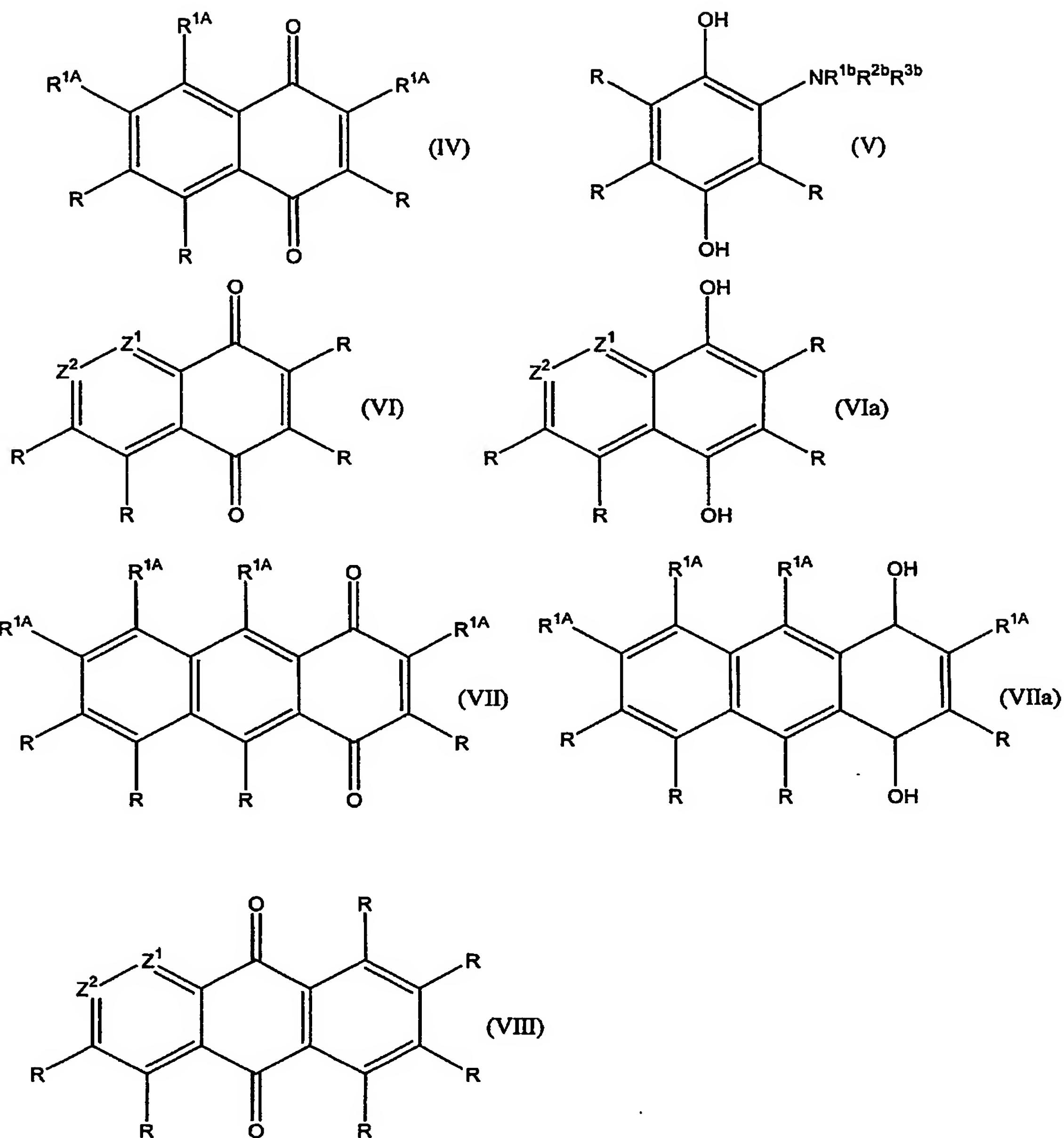
【0034】

(式中、nは0又は1を示す。Mは、遷移金属を示す。R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>は、同一又は異なって、アルキル基、ハロアルキル基、アルコキシ基、置換されていてもよいアリール基、置換されていてもよいアラルキル基またはアルコシアルキル基を示し、R<sup>1</sup>及びR<sup>2</sup>は窒素原子と一緒にあって、5～8員環の含窒素環式基を形成してもよい。)

【0035】



## 【化 4】



## 【0036】

〔式中、 $R$ は同一又は異なって、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基、アルカノイル基、ヒドロキシ基、カルボキシル ( $COOH$ ) 基、アルコキシカルボニル基、ニトロ基、シアノ ( $CN$ ) 基、アセチルアミノ基、フェニル基、ベンジル基またはパーフルオロアルキル基を示すか、あるいは隣接する2つの $R$ はそれらが結合する炭素原子と一緒にあって、ベンゼン環を形成してもよい。

## 【0037】

複数の $R^{1A}$ の1つは、 $NR^{1b}R^{2b}R^{3b}$ を示し、その他は同一または異なって $R$ を示す。 $R^{1b}$ ,  $R^{2b}$ ,  $R^{3b}$ は、同一又は異なって、アルキル基、ハロアルキル基、アルコキシ基、置換されていてもよいアリール基、置換されていてもよいアラルキル基またはアルコシアルキル基を示し、 $R^{1b}$ 及び $R^{2b}$ は窒素原子と一緒にあって、5～8員環の含窒素環式基を形成してもよい。

## 【0038】

$Z^1$ 及び $Z^2$ は、一方が $CH$ を示し、他方が $N^+-R^3$  ( $R^3$ は前記に定義されるとおりで

ある)を示す。]

Mは、遷移金属原子、例えばFe, Co, Ni, Zn, Cu, Cr, V, Cd, As, Mn, Ti, Zr, Sn, Ag, In, Hg, W, Pt, Au, Ga, Ge, Ru、を示し、好ましくはFeである。

【0039】

ハロゲン原子としては、塩素原子、フッ素原子、臭素原子、ヨウ素原子が例示される。

【0040】

アルカノイル基としては、アセチル、プロピオニル、ブチリル等の、式： $-CO-$ （アルキル）（アルキルは前記に定義されるとおりである。）で表される炭素数2～21の直鎖又は分枝を有するアルカノイル基が挙げられる。

【0041】

アルコキシカルボニル基としては、メトキシカルボニル、エトキシカルボニル、ブトキシカルボニルなどの式： $-CO-O$ （アルキル）（アルキルは前記に定義されるとおりである。）で表される炭素数2～21の直鎖又は分枝を有するアルコキシカルボニル基が挙げられる。

【0042】

パーフルオロアルキル基としては、前記アルキル基の水素原子が全てフッ素原子で置換された基が例示され、たとえば $C_nF_{2n+1}$ （nは1～20の整数を示す）で表される基が例示される。

【0043】

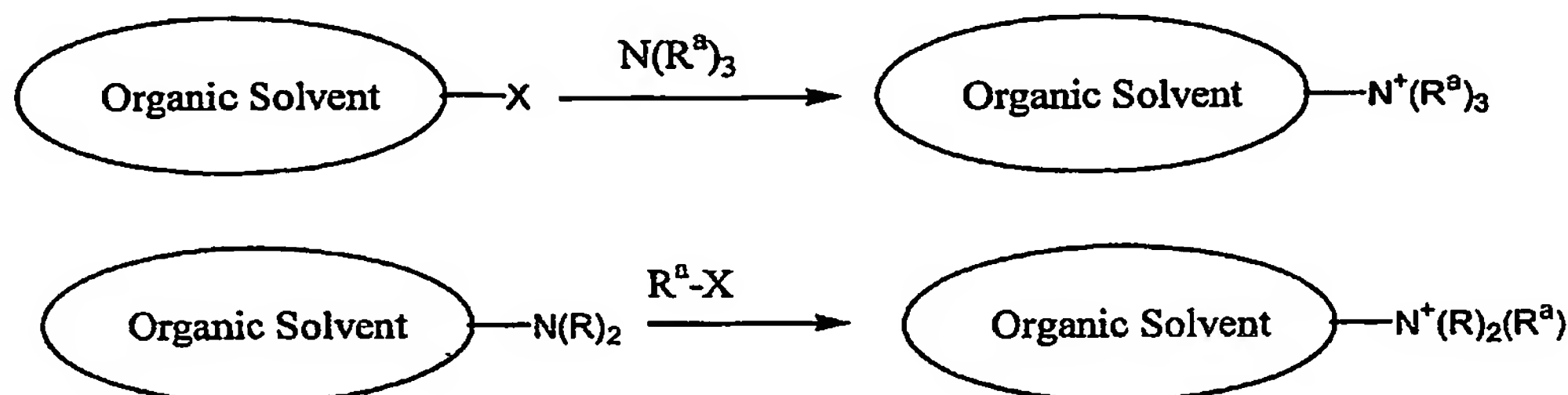
$R^4$ が揮発性有機溶媒に由来する基である場合のカチオン性基は有機溶媒に必要な応じてアルキレン基を介して有機溶媒に導入される。有機溶媒としては、常圧での沸点が $-100^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ 、好ましくは $30^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ であって、常温で固体または液体の化合物が例示され、具体的には以下の化合物が例示される：

- ・エーテル類：ジエチルエーテル、テトラヒドロフラン、テトラヒドロピラン、ジイソプロピルエーテル、ジフェニルエーテル、アニソール、フェネトール、グアイアコールなど；
- ・アルキレングリコール類：エチレングリコール、プロピレングリコール、ブチレングリコール、ジエチレングリコール、トリエチレングリコールなど；
- ・アルキレングリコールモノアルキルエーテル類：エチレングリコールモノメチルエーテル、エチレングリコールモノエチルエーテル、プロピレングリコールモノメチルエーテル、プロピレングリコールモノエチルエーテル、ブチレングリコールモノメチルエーテル、ブチレングリコールモノエチルエーテル、ジエチレングリコールモノメチルエーテル、ジエチレングリコールモノエチルエーテルなど；
- ・アルキレングリコールジアルキルエーテル類：エチレングリコールジメチルエーテル(DME)、エチレングリコールジエチルエーテル、プロピレングリコールジメチルエーテル、プロピレングリコールジエチルエーテル、ブチレングリコールジメチルエーテル、ブチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールジエチルエーテルなど；
- ・エステル類：酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸プロピル、酢酸ブチル、プロピオン酸メチル、プロピオン酸エチル、プロピオン酸プロピル、プロピオン酸ブチル、ギ酸メチル、ギ酸エチル、ギ酸プロピル、ギ酸ブチル、安息香酸メチル、安息香酸エチル、安息香酸プロピル、安息香酸ブチルなど；
- ・ラクトン類： $\gamma$ -ブチロラクトン(GBL)など
- ・ケトン類：アセトン(ATN)、アセチルアセトン、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン、シクロペンタノンなど；
- ・ヘテロ芳香族炭化水素：ピリジンなど
- ・脂環式炭化水素：シクロペンタン、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサンなど；
- ・ヘテロ脂環式化合物：ジオキサン、モルホリン、ピロリジンなど；
- ・スルフィド類：ジメチルスルフィド、ジエチルスルフィド、ジ-n-プロピルスルフィ

- ド、ジイソプロピルスルフィドなど；
- ・炭酸エステル類：エチレンカーボネート(EC)、プロピレンカーボネート(PC)、ブチレンカーボネート、ジエチルカーボネート(DEC)、ジメチルカーボネートなど；
  - ・アルコール類；エタノール、*n*-プロパノール、イソプロパノール、*n*-ブタノール、イソブタノール、*sec*-ブタノール、*tert*-ブタノールなど；
- このような有機溶媒にカチオン性基を導入する方法としては、以下の方法が挙げられる。

【0044】

【化5】



【0045】

(式中、Organic Solventは、上記の有機溶媒を示し、 $R^a$ は、置換基を有していてもよいアルキル基を示す。Rは、水素原子または置換基を有していてもよいアルキル基を示す。Xは脱離基を示す。)

R,  $R^a$ で表される置換基を有していてもよいアルキル基としては、メチル基、エチル基、*n*-プロピル基、イソプロピル基などの炭素数1～3のアルキル基が例示され、該アルキル基は、フッ素原子、メトキシ基、シアノ基などの基で置換されていてもよい。

【0046】

Xは脱離基を表し、具体的には、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子、メタンスルホニル基、*p*-トルエンスルホニル基などが挙げられる。

【0047】

好ましい1つの実施形態において、本発明は、低沸点、高揮発性の溶媒に4級アンモニウム基を導入して、イオン性液体に導く。4級アンモニウム化は、上記のように、脱離基と第三級アミンを反応させて行っても良く、アミノ基を含む溶媒のアミノ基を四級化してもよい。

【0048】

上記のカチオン成分は、単一成分であってもよいが、2種以上の成分を組み合わせ使用しても良く、その配合比率は任意である。

【0049】

本発明で好適に使用できる有機オニウムイオンを例示すれば、テトラメチルアンモニウムカチオン、テトラエチルアンモニウムカチオン、テトラプロピルアンモニウムカチオン等の対称アンモニウムカチオン類；エチルトリメチルアンモニウムカチオン、ビニルトリメチルアンモニウムカチオン、トリエチルメチルアンモニウムカチオン、トリエチルプロピルアンモニウムカチオン、ジエチルジメチルアンモニウムカチオン、トリブチルエチルアンモニウムカチオン、トリエチルイソプロピルアンモニウムカチオン、N、N-ジメチルピロリジニウムカチオン、N-メチル-N-エチルピロリジニウムカチオン、N-メチル-N-プロピルピロリジニウムカチオン、N-メチル-N-ブチルピロリジニウムカチオン、N-メチル-N-エチルピペリジニウムカチオン、N-メチル-N-ピペリジニウムカチオン、N-メチル-N-ブチルピペリジニウムカチオン、トリエチルメトキシメチルアンモニウムカチオン、ジメチルエチルメトキシエチルアンモニウム、ジメチルエチルメトキシメチルアンモニウム、ジエチルメチルメトキシエチルアンモニウム、ジエチルメチルメトキシメチルアンモニウム等の最短の置換基の炭素数が最長の置換基の炭素数の5

0%以上100%未満である（以下擬対称ともいう。）アンモニウムカチオン類；トリメチルプロピルアンモニウムカチオン、トリメチルイソプロピルアンモニウムカチオン、ブチルトリメチルアンモニウムカチオン、アリルトリメチルアンモニウムカチオン、ヘキシルトリメチルアンモニウムカチオン、オクチルトリメチルアンモニウムカチオン、ドデシルトリメチルアンモニウムカチオン、トリエチルメトキシエトキシメチルアンモニウムカチオン、ジメチルジプロピルアンモニウムカチオン等の非対称アンモニウムカチオン類；ヘキサメトニウムカチオン等の2価アンモニウムカチオン類；1, 3-ジメチルイミダゾリウムカチオン、1, 3-ジエチルイミダゾリウムカチオン、1, 3-ジプロピルイミダゾリウムカチオン、1, 3-ジブチルイミダゾリウムカチオン等の対称イミダゾリウムカチオン類；1-エチル-3-メチルイミダゾリウムカチオン、1-メチル-3-プロピルイミダゾリウムカチオン、1-イソプロピル-3-プロピルイミダゾリウムカチオン、1-tert-ブチル-3-イソプロピルイミダゾリウムカチオン等の非対称イミダゾリウムカチオン類；N-エチルピリジニウムカチオン、N-ブチルピリジニウムカチオン等のピリジニウムカチオン類；トリメチルスルホニウムカチオン、トリエチルスルホニウムカチオントリブチルスルホニウムカチオン等の対称スルホニウムカチオン類；ジエチルメチルスルホニウムカチオン等の擬対称スルホニウムカチオン類；ジメチルプロピルスルホニウム、ジメチルヘキシルスルホニウム等の非対称スルホニウムカチオン類；テトラメチルホスホニウムカチオン、テトラエチルホスホニウムカチオン、テトラプロピルホスホニウムカチオン、テトラブチルホスホニウムカチオン、テトラオクチルホスホニウムカチオン、テトラフェニルホスホニウムカチオン等の対称ホスホニウムカチオン類；トリメチルエチルホスホニウムカチオン、トリエチルメチルホスホニウムカチオン等の擬対称ホスホニウムカチオン類；ヘキシルトリメチルホスホニウムカチオン、トリメチルオクチルホスホニウムカチオン等の非対称ホスホニウムカチオン類等を挙げることができる。

#### 【実施例】

##### 【0050】

以下、本発明を実施例に基づきより詳細に説明する。

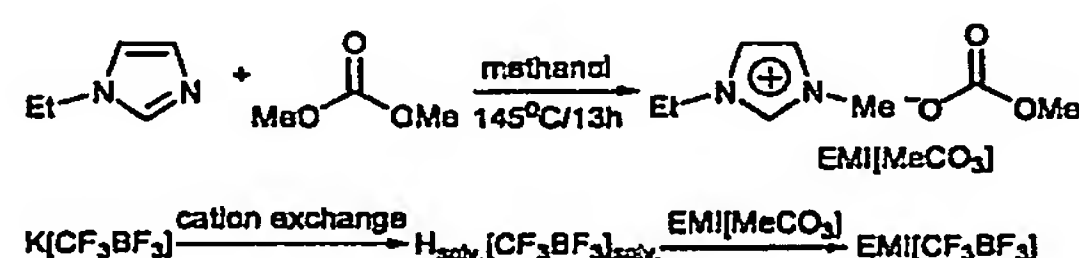
##### 実施例1

下記のスキーム1に示すように、ハライドコンタミネーションを抑えるため、1-エチル-3-メチルイミダゾール(EMI<sup>+</sup>)メチルカーボネート([MeCO<sub>3</sub>]<sup>-</sup>)のメタノール溶液とH<sub>solv</sub>・[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]<sub>solv</sub>水溶液とを混合し、ハライドフリーのイオン性液体(EMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>])を得た。

##### 【0051】

##### 【化6】

スキーム1



##### 【0052】

1-エチル-3-メチルイミダゾール(EMI<sup>+</sup>)メチルカーボネート([MeCO<sub>3</sub>]<sup>-</sup>)のメタノール溶液は、1-エチル-イミダゾールをメタノール中ジメチルカーボネートと145℃で13時間オートクレープ中で反応させることにより調製した。

##### 【0053】

K[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]を文献(G. A. Molander, B. J. Hoag, Organometallics, 2003, 22, 3313)に記載のように調製し、文献(S. Mori, K. Ida, and M. Ue, U S Pat. 4 892 944 (1990).)に記載のようにK[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]をカチオン交換処理し、H<sub>solv</sub>・[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]<sub>solv</sub>水溶液を得た。

##### 【0054】



得られた $\text{H}_{\text{solv}}[\text{CF}_3\text{BF}_3]_{\text{solv}}$ 水溶液(50mmol)を使用の前に濾過し、等モルのEMI[MeCO<sub>3</sub>]/MeOH溶液で中和した。減圧下30～40℃で約20mlにまで濃縮し、下層のイオン性液体を分離し、脱イオン水(10ml)及びトルエン(20ml×2)で洗浄した。得られた下層のイオン性液体を60℃で12時間真空下(0.03mmHg)で乾燥し、目的とするイオン性液体EMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]を約85%の収率で得た。該イオン性液体の含水量は40 ppmであった。

## 【0055】

得られたイオン性液体の物性値を示す。

<sup>1</sup>H NMR (399.65 MHz/ acetone-d<sub>6</sub>, (ppm relative to internal TMS): 1.56 (t, 3H, C-CH<sub>3</sub>, J=7.4 Hz), 4.03 (s, N-CH<sub>3</sub>), 4.38 (q, 2H, CH<sub>2</sub>, J=7.3Hz), 7.67, 7.74 (s, 2H, N-CH=CH-N), 8.94 (s, 1H, N-CH-N).

<sup>19</sup>F NMR (376.05 MHz/acetone-d<sub>6</sub>, (ppm relative to external CCl<sub>3</sub>F): -74.9 (q, 3F, CF<sub>3</sub>, <sup>2</sup>J<sub>BF</sub>=32.6 Hz), -155.3 (q, 3F, BF<sub>3</sub>, <sup>1</sup>J<sub>B-F</sub>=39.6 Hz).

<sup>11</sup>B NMR (128.15 MHz/acetone-d<sub>6</sub>, (ppm relative to external BF<sub>3</sub>·Et<sub>2</sub>O): -0.46 (qq, <sup>1</sup>J<sub>B-F</sub>=39.1 Hz, <sup>2</sup>J<sub>B-F</sub>=32.4 Hz).

Anal. Calc. for C<sub>7</sub>H<sub>11</sub>BF<sub>6</sub>N<sub>2</sub>: C, 33.9; H, 4.5; B, 4.4; N, 11.3. Found: C, 33.9; H, 4.4; B, 4.3; N, 11.4 %.

## 【0056】

得られたEMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]の熱挙動をDSC (Perkin Elmer, Pyris 1)及びTGA (TG/DTA6200, Seiko Instruments)により測定した。関東化学(株)から購入し、100℃で12時間真空下(0.03mmHg)で乾燥したEMI[BF<sub>4</sub>] (含水量200 ppm)の測定結果と併せて下記の表1に示す。

## 【0057】

## 【表1】

イオン性液体の物理化学的性質

塩	$T_g$ / °C	$T_c$ / °C	$T_m$ / °C	$T_d$ / °C	$\eta$ / mPa s	$\kappa$ / mS cm <sup>-1</sup>
EMI[CF <sub>3</sub> BF <sub>3</sub> ]	-117	-80	-19	243	26	14.6
EMI[BF <sub>4</sub> ]	-93	-60	15	420	37	13.6

## 【0058】

表1及び表2中において、 $T_g$ , ガラス転移温度;  $T_c$ , 結晶化温度;  $T_m$ , 融点;  $T_d$ , 分解温度;  $\eta$ , 25℃での粘度;  $\kappa$ , 25℃での導電率を各々示す。

## 【0059】

表1の結果から、本発明のイオン性液体EMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]は、従来のEMI[BF<sub>4</sub>]と比較して粘度及び融点がいずれも低いことが明らかになった。

## 【0060】

さらに、EMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]のDSCの測定結果を図1に示し、EMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]とEMI[BF<sub>4</sub>]の25～600℃におけるTGA曲線を図2に示し、導電性の温度依存性の結果を図3に示す。

## 【0061】

さらに、EMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]とEMI[BF<sub>4</sub>]の電気化学安定性を、アルゴンで満たしたグローブボックス(O<sub>2</sub>及び水<5ppm)中において、直線掃引ボルタンメトリー(linear sweep voltammetry (ALS, model 660)を行った結果を図4に示す。

## 【0062】

図4の結果から、EMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]とEMI[BF<sub>4</sub>]は類似した電気化学安定性を有することが明らかになった。

## 【0063】

以上の結果から、本発明のイオン性液体であるEMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]は、高い電気伝導性と低融点特性を有し、電気化学デバイス及び有機反応の溶媒として優れた性質を有することが明らかになった。

## 実施例 2

カチオン原料としてアンモニウムハロゲン化物を用いる他は実施例 1 に記載の方法に従い、脂肪族 4 級アンモニウムカチオンからなる  $\text{CF}_3\text{BF}_3$  塩を中和法によって合成した。カチオン原料となる脂肪族 4 級アンモニウムカチオンの臭化物あるいは塩化物はオートクレープ中で合成した。一例として、ジメチルエチルメトキシエチルアンモニウムクロライド ( $\text{N}_{102112}\text{Cl}$  と略す) の合成法を記す。原料として等モル量のアミン (dimethylethylamine) とハロゲン置換エーテル化合物 (methoxyethylchloride) をアセトニトリルなどの適当な反応溶媒中で今後し、オートクレープにてマイルドな条件で加温し 12 時間から 72 時間反応させる。反応後、生成する 4 級アンモニウム塩を適当な溶媒にて再結晶を行い、NMR にてジメチルエチルメトキシエチルアンモニウムクロライドの生成を確認した。

## 【0064】

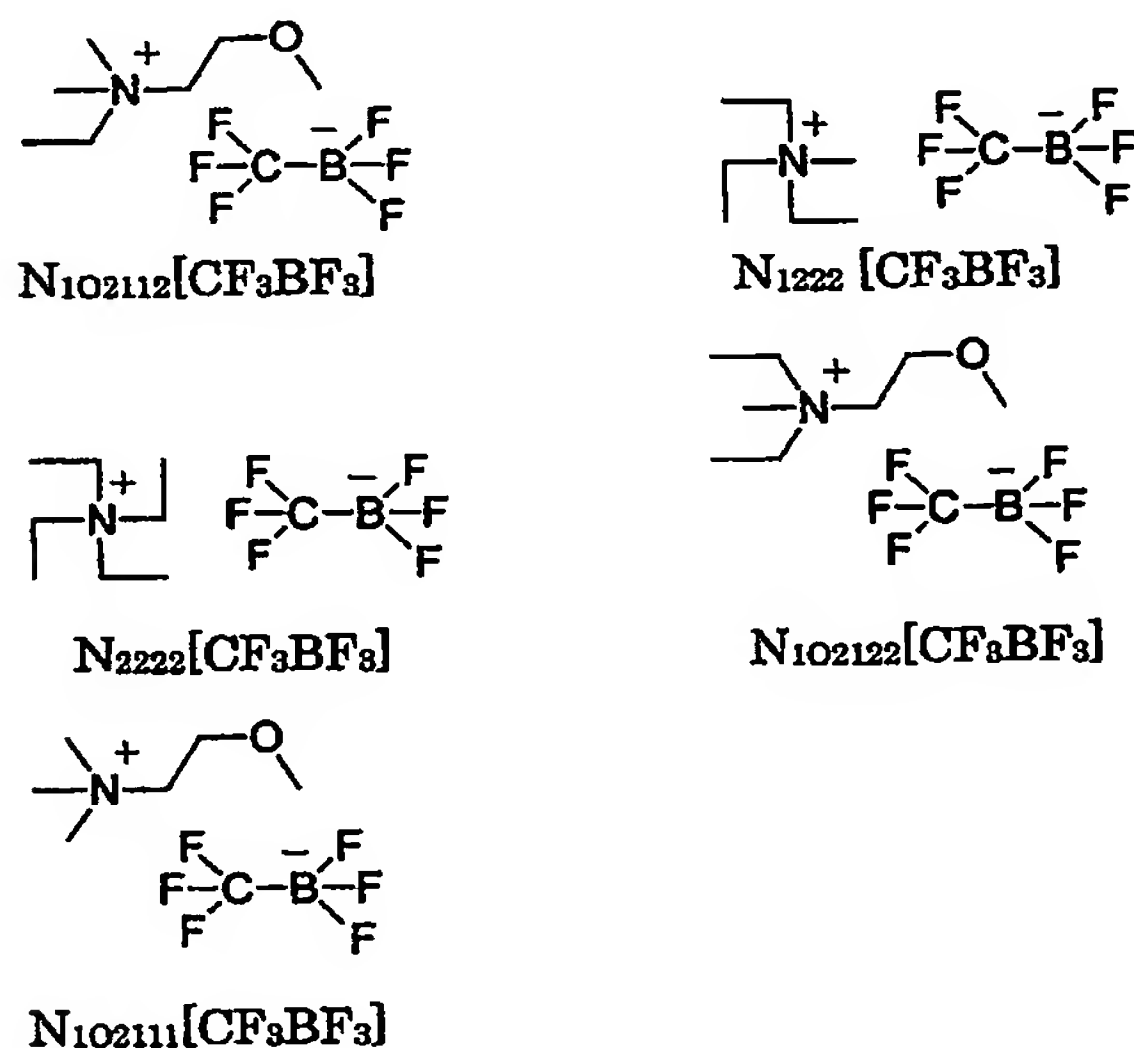
ここで得られたハロゲン化物を、イオン交換樹脂にて水酸化物に転換し、実施例 1 に記した方法に従い、 $\text{H}[\text{CF}_3\text{BF}_3]$  と当量混合し中和によって所望の  $\text{CF}_3\text{BF}_3$  塩 ( $\text{N}_{102112}[\text{CF}_3\text{BF}_3]$ ) を得た。

## 【0065】

また上記と同じ方法で、テトラエチルアンモニウム ( $\text{N}_{2222}$ )、トリエチルメチルアンモニウム ( $\text{N}_{1222}$ )、ジエチルメチルメトキシエチルアンモニウム ( $\text{N}_{102122}$ ) およびトリメチルメトキシエチルアンモニウム ( $\text{N}_{102111}$ ) カチオンからなる塩を合成した。

## 【0066】

## 【化 7】



## 【0067】

得られたイオン性液体の物性値以下に示す。

 $\text{N}_{102.122}[\text{BF}_4]$ 

$^1\text{H}$  NMR (399.65 MHz/ acetone- $d_6$ , (ppm relative to internal TMS): 1.39 (t,  $J=7.2\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 3.18 (s,  $\text{NCH}_3$ ), 3.38 (s,  $\text{OCH}_3$ ), 3.58 (q,  $J=7.3\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 3.67 (t,  $J=4.8\text{Hz}$ ,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ), 3.88 (s,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ).

Anal. Calc. for  $\text{C}_8\text{H}_{20}\text{BF}_4\text{NO}$ : C, 41.2; H, 8.7; N, 6.0. Found: C, 41.3; H, 8.5; N, 5.9%.

 $\text{N}_{1222}[\text{CF}_3\text{BF}_3]$ 

$^1\text{H}$  NMR (399.65 MHz/ acetone- $d_6$ , (ppm relative to internal TMS): 1.41 (t,  $J=7.4\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 3.12 (s,  $\text{NCH}_3$ ), 3.51 (q,  $J=7.3\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ).

$^{19}\text{F}$  NMR (376.05 MHz/acetone- $d_6$ , (ppm relative to external  $\text{CCl}_3\text{F}$ ): -74.7 (q,  $^2J_{\text{BF}}=32.6\text{Hz}$ ,  $\text{CF}_3$ ), -155.4 (q,  $^1J_{\text{BF}}=38.6\text{Hz}$ ,  $\text{BF}_3$ ).



$^{11}\text{B}$  NMR (128.15 MHz/acetone- $d_6$ , ( ppm relative to external  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ ): -0.535 (qq,  $^1J_{\text{BF}}=37.3\text{Hz}$ ,  $^2J_{\text{BF}}=32.3\text{Hz}$ ).  
Anal. Calc. for  $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{BF}_6\text{N}$ : C, 38.0; H, 7.2; N, 5.5. Found: C, 37.9; H, 7.3; N, 5.5%.

$\text{N}_{2222} [\text{CF}_3\text{BF}_3]$

$^1\text{H}$  NMR (399.65 MHz/ acetone- $d_6$ , ( ppm relative to internal TMS): 1.38 (t,  $J=7.4\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 3.46 (q,  $J=7.2\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ).  
 $^{19}\text{F}$  NMR (376.05 MHz/acetone- $d_6$ , ( ppm relative to external  $\text{CCl}_3\text{F}$ ): -74.7 (q,  $^2J_{\text{BF}}=32.6\text{Hz}$ ,  $\text{CF}_3$ ), -155.6 (q,  $^1J_{\text{BF}}=38.6\text{Hz}$ ,  $\text{BF}_3$ ).  
Anal. Calc. for  $\text{C}_9\text{H}_{20}\text{BF}_6\text{N}$ : C, 40.5; H, 7.6; N, 5.2. Found: C, 40.8; H, 7.5; N, 5.0%.

$\text{N}_{102.111} [\text{CF}_3\text{BF}_3]$

$^1\text{H}$  NMR (399.65 MHz/ acetone- $d_6$ , ( ppm relative to internal TMS): 3.37 (s,  $\text{NCH}_3$ ), 3.40 (s,  $\text{OCH}_3$ ), 3.78 (s,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ), 3.95 (s,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ).  
 $^{19}\text{F}$  NMR (376.05 MHz/acetone- $d_6$ , ( ppm relative to external  $\text{CCl}_3\text{F}$ ): -74.6 (q,  $^2J_{\text{BF}}=31.6\text{Hz}$ ,  $\text{CF}_3$ ), -155.5 (q,  $^1J_{\text{BF}}=38.6\text{Hz}$ ,  $\text{BF}_3$ ).  
 $^{11}\text{B}$  NMR (128.15 MHz/acetone- $d_6$ , ( ppm relative to external  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ ): -0.524 (qq,  $^1J_{\text{BF}}=39.9\text{Hz}$ ,  $^2J_{\text{BF}}=32.3\text{Hz}$ ).  
Anal. Calc. for  $\text{C}_7\text{H}_{16}\text{BF}_6\text{NO}$ : C, 33.0; H, 6.3; N, 5.5. Found: C, 33.0; H, 6.4; N, 5.4%.

$\text{N}_{102.112} [\text{CF}_3\text{BF}_3]$

$^1\text{H}$  NMR (399.65 MHz/ acetone- $d_6$ , ( ppm relative to internal TMS): 1.44 (t,  $J=7.2\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 3.26 (s,  $\text{NCH}_3$ ), 3.39 (s,  $\text{OCH}_3$ ), 3.62 (q,  $\text{CH}_2\text{CH}_3$ ), 3.69 (t,  $J=4.8\text{Hz}$ ,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ), 3.91 (s,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ).  
 $^{19}\text{F}$  NMR (376.05 MHz/acetone- $d_6$ , ( ppm relative to external  $\text{CCl}_3\text{F}$ ): -74.7 (q,  $^2J_{\text{BF}}=31.6\text{Hz}$ ,  $\text{CF}_3$ ), -155.0 (q,  $^1J_{\text{BF}}=39.6\text{Hz}$ ,  $\text{BF}_3$ ).  
 $^{11}\text{B}$  NMR (128.15 MHz/acetone- $d_6$ , ( ppm relative to external  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ ): -0.537 (qq,  $^1J_{\text{BF}}=39.0\text{Hz}$ ,  $^2J_{\text{BF}}=32.3\text{Hz}$ ).  
Anal. Calc. for  $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{BF}_6\text{NO}$ : C, 35.7; H, 6.7; N, 5.2. Found: C, 35.9; H, 6.8; N, 5.1%.

$\text{N}_{102.122} [\text{CF}_3\text{BF}_3]$

$^1\text{H}$  NMR (399.65 MHz/ acetone- $d_6$ , ( ppm relative to internal TMS): 1.41 (t,  $J=7.2\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 3.20 (s,  $\text{NCH}_3$ ), 3.38 (s,  $\text{OCH}_3$ ), 3.59 (q,  $J=7.3\text{Hz}$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 3.68 (t,  $J=4.8\text{Hz}$ ,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ), 3.90 (s,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ).  
 $^{19}\text{F}$  NMR (376.05 MHz/acetone- $d_6$ , ( ppm relative to external  $\text{CCl}_3\text{F}$ ): -74.7 (q,  $^2J_{\text{BF}}=32.6\text{Hz}$ ,  $\text{CF}_3$ ), -155.3 (q,  $^1J_{\text{BF}}=38.7\text{Hz}$ ,  $\text{BF}_3$ ).  
 $^{11}\text{B}$  NMR (128.15 MHz/acetone- $d_6$ , ( ppm relative to external  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ ): -0.485 (qq,  $^1J_{\text{BF}}=38.9\text{Hz}$ ,  $^2J_{\text{BF}}=32.3\text{Hz}$ ).  
Anal. Calc. for  $\text{C}_9\text{H}_{20}\text{BF}_6\text{NO}$ : C, 38.2; H, 7.1; N, 5.0. Found: C, 38.1; H, 7.2; N, 4.8%.

【 0 0 6 8 】

【表 2】

アンモニウムカチオンからなるイオン性液体の物理化学的性質						
塩	T <sub>g</sub> / °C	T <sub>e</sub> / °C	T <sub>m</sub> / °C	T <sub>d</sub> / °C	η/ mPa s	κ/ mS cm <sup>-1</sup>
N <sub>102112</sub> CF <sub>3</sub> BF <sub>3</sub>	-	-0.5	7.8	160	98	2.52
N <sub>102122</sub> CF <sub>3</sub> BF <sub>3</sub>	-88	-32	-25	170	108	2.95
N <sub>102122</sub> BF <sub>4</sub>	-94	-36	1.9	-	504	1.09

【0 0 6 9】

表 2 中、「-」は、未測定であることを示す。

【0 0 7 0】

また、導電率・粘度の測定は、2 5 °Cで行った。

【0 0 7 1】

表 2 にデータは示さないが、N<sub>102111</sub> CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>についてもイオン性液体であることを確認した。

【0 0 7 2】

表 2 の結果から、本発明で使用したアニオン[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]は、脂肪族4級アンモニウムカチオン(QAと略す)とイオン性液体を形成し、EMIでの結果と同様に従来の[BF<sub>4</sub>]と比較して粘度(η)及び融点(T<sub>m</sub>)がいずれも低いことが明らかになった。

【0 0 7 3】

さらに、N<sub>102112</sub> [CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]とEMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]の電気化学安定性を、アルゴンで満たしたグローブボックス(O<sub>2</sub> 及び水< 5ppm)中、室温において、直線掃引ボルタンメトリー(linear sweep voltammetry) (作用電極：グラッシーカーボン、対極：白金、参照電極：ヨウ素レドックス含有EMI-TFSI に白金線を浸析させたもの。イオン性液体中のフェロセンの酸化還元電位を内標準に用いて換算してある。ALS, model 660電気化学アナライザーにて測定。)を行った結果を図5に示す。

【0 0 7 4】

図5の結果から、N<sub>102112</sub> [CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]はEMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]に比べて還元電位、酸化電位がそれぞれ負電位側、正電位側にシフトし、電気化学安定性が向上することが明らかとなった。

【0 0 7 5】

以上の結果から、本発明のイオン性液体であるEMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]は、高い電気伝導性と低融点特性を有し、電気化学デバイス及び有機反応の溶媒として優れた性質を有することが明らかになった。さらにこれまでのアニオンBF<sub>4</sub>では得られない低い粘性と高い導電性、さらにより高い電気化学安定性を示す脂肪族4級アンモニウムカチオンからなるイオン性液体を得ることに成功した。

【図面の簡単な説明】

【0 0 7 6】

【図 1】 DSCの結果を示す。

【図 2】 EMI[CF<sub>3</sub>BF<sub>3</sub>]とEMI[BF<sub>4</sub>] の25~600 °CにおけるTGA 曲線を示す。

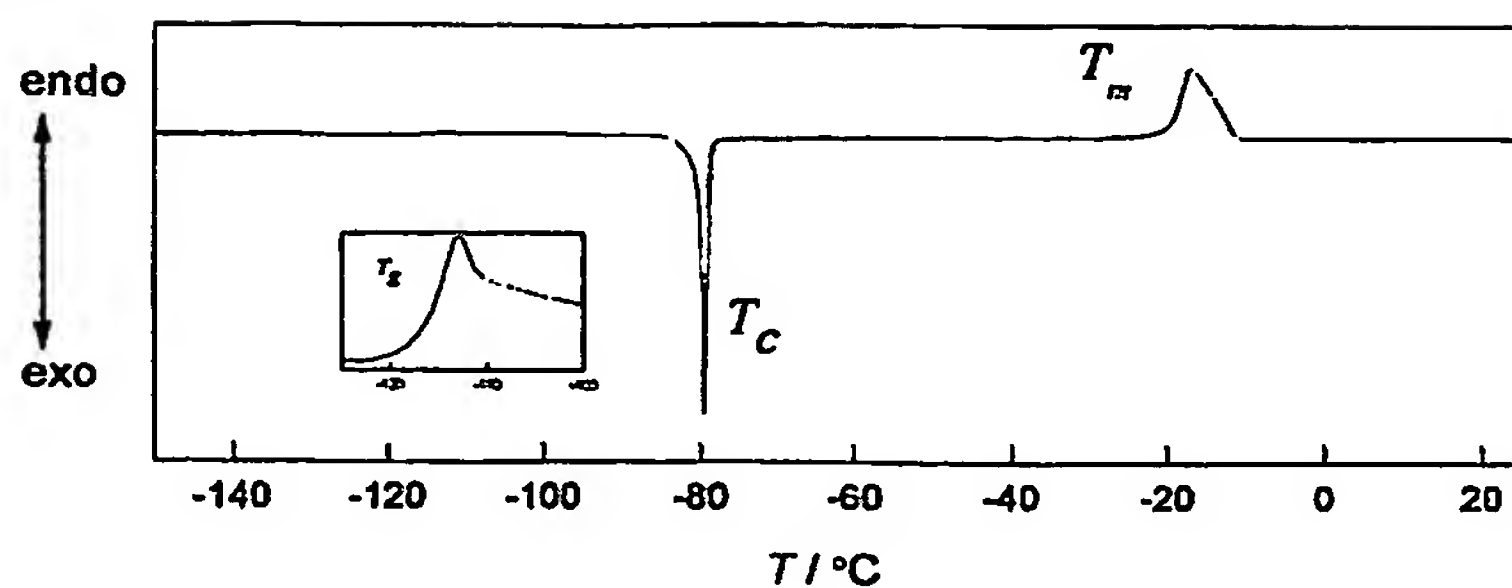
【図 3】 イオン性液体の電気伝導度の温度依存性を比較した結果を示す。

【図 4】 直線掃引ボルタンメトリー(linear sweep voltammetry)の結果を示す。

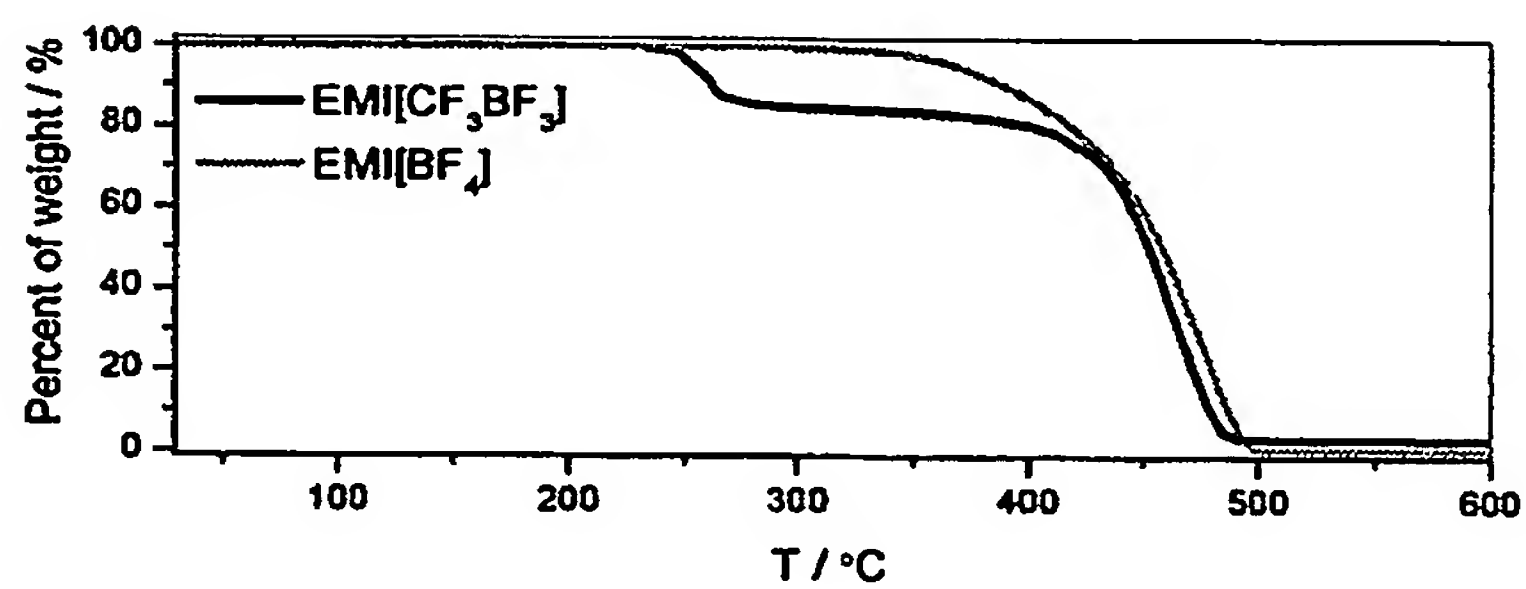
【図 5】 直線掃引ボルタンメトリー(linear sweep voltammetry)の結果を示す。

【書類名】 図面

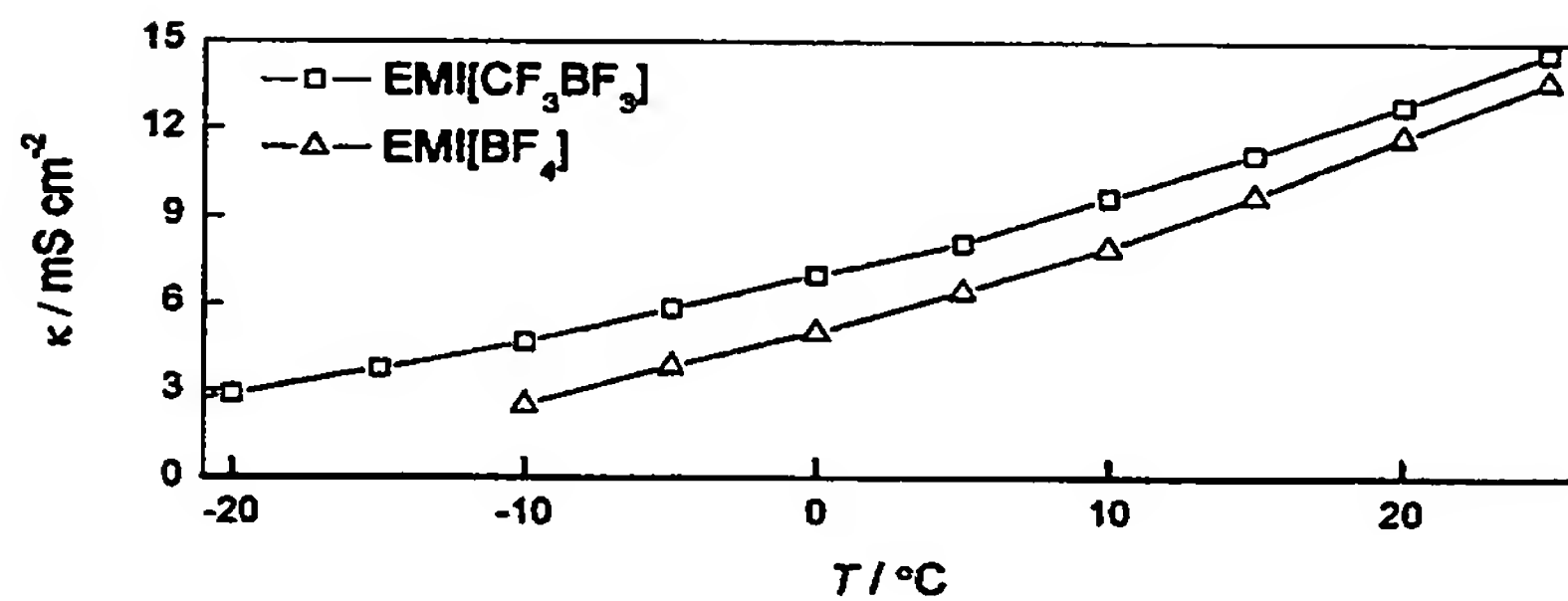
【図 1】



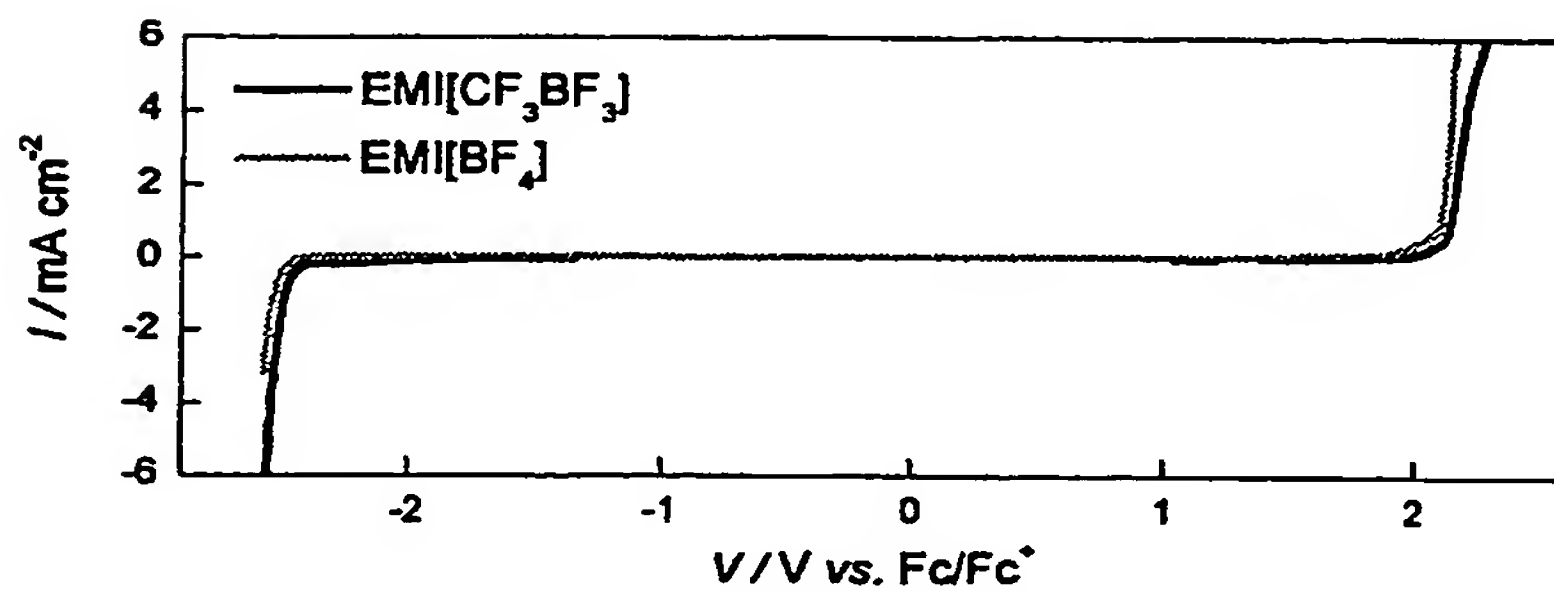
【図 2】



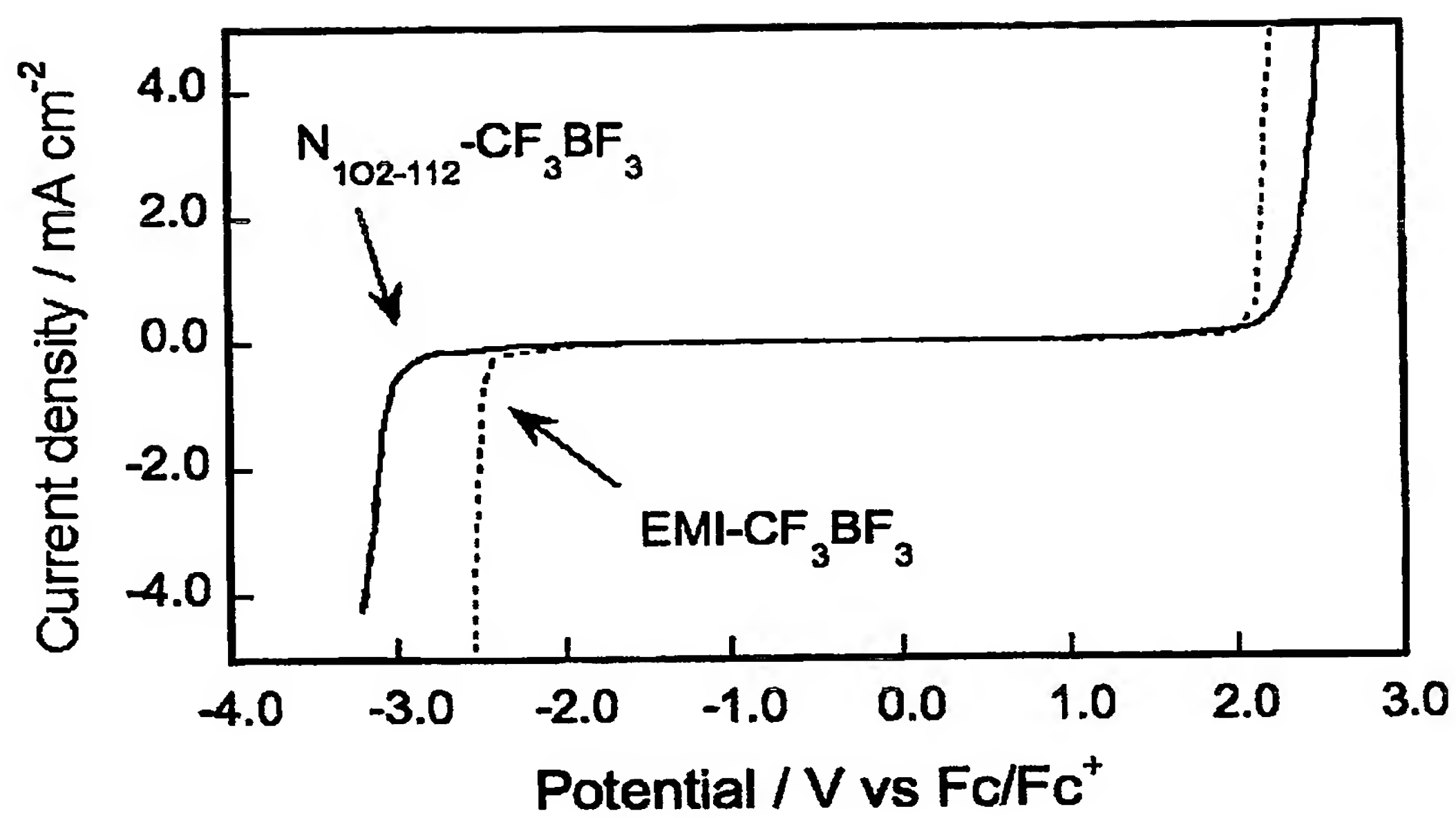
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低融点、低粘度且つ高い導電性を有するイオン性液体を提供する。

【解決手段】  $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$  からなるイオン性液体製造用のアニオン； $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$  からなるアニオンと有機オニウムイオンからなるイオン性液体。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 0 1 9 0 7 4
受付番号	5 0 4 0 0 1 3 4 3 6 3
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 6 年 1 月 3 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】	申請人
【識別番号】	301021533
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1
【氏名又は名称】	独立行政法人産業技術総合研究所



特願 2 0 0 4 - 0 1 9 0 7 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 0 1 0 2 1 5 3 3 ]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 4 月 2 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1
氏 名	独立行政法人産業技術総合研究所

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019323

International filing date: 24 December 2004 (24.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-019074  
Filing date: 27 January 2004 (27.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse